

지형의 특성을 이용한 상호상관정합 기반 지형참조항법 알고리즘 Terrain reference navigation algorithm based on cross-correlation matching using topography characteristics

이보미¹⁾ · 권재현²⁾

Lee, Bo Mi · Kwon, Jay Hyoun

¹⁾ 정희원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정(E-mail:bmlee@uos.ac.kr)

²⁾ 교신저자 · 정희원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 부교수(E-mail:jkwon@uos.ac.kr)

Abstract

The study on terrain referenced navigation has been proceeded from 1940s in advanced country with the object of military. In this study, the analysis regarding algorithm developed using cross-correlation matching algorithm and extended Kalman filter and simulation will be introduced. As a result, the standard deviation of position error from cross-correlation matching algorithm has been calculated 34.3m. It meant that the result has stable accuracy on the navigation. However, further study on terrain referenced navigation based on analysis of various topographic characteristics should be performed.

▶ Keywords : cross-correlation matching, terrain reference navigation, topography characteristics

1. 서 론

최근 널리 이용되고 있는 GPS/INS 결합항법시스템은 전시와 같은 적대적인 상황에서는 위성 운영 국가에 의해 높은 정확도를 갖기 힘들다. 따라서 1940년대부터 이를 대신할 수 있는 항법에 대한 많은 연구가 수행되고 있으며 이 중 가장 대표적인 것은 지형 참조 항법(Terrain reference navigation)이다. 본 논문에서는 여러 지형 참조 항법 시스템 중 순항미사일에 장착되어 현재까지 연구되어 오고 있는 TERCOM(TErrain COntour Matching) 시스템을 기반으로 하여 상호상관정합 기법을 적용한 지형 참조 항법 알고리즘을 구성하고 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

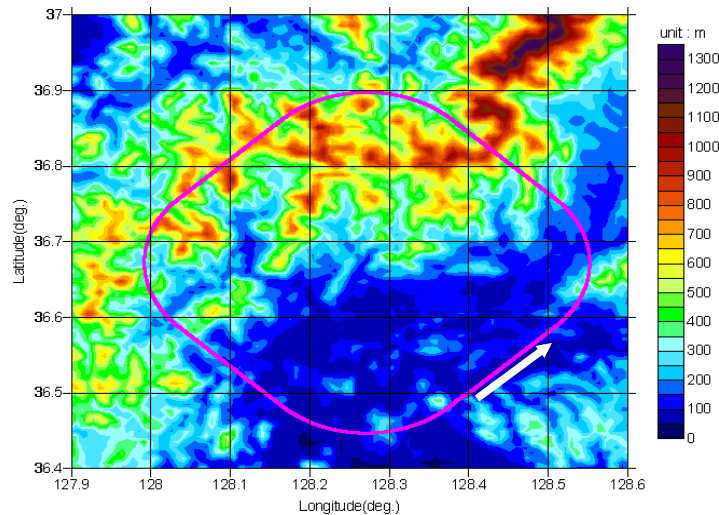
2. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션은 항체가 스트랩다운형 관성항법시스템과 중급 IMU(HG1700), GPS 수신기를 탑재하고 GPS/INS 항법 시스템으로 운항하는 중 갑자기 GPS 신호가 단절되거나 감쇄되어 지형 참조 항법으로 운항한다고 가정하고 수행하였다. 지형 참조 항법은 항체에 부착된 고도계로부터 취득한 고도값과 지형 데이터베이스를 대조하여 항체의 위치를 알아내는 것이 기본 원리이므로, 항체에 레이더 고도계와 기압 고도계, DTED Level 1(SRTM)가 탑재되어 있다고 가정하였다. 지형을 참조하여 추정된 항체의 위치와 관성항법 위치해와의 결합은 확장형 칼만필터를 이용한 약결합으로 구성하였다. 또한 해상도가 약 90m인 SRTM

을 참값 지형 데이터로 가정하고, SRTM의 수평·수직 정밀도인 20m, 16m의 우연오차를 첨가하여 재격자화 한 것을 항체에 탑재한 지형 데이터베이스라 가정하였다. 시뮬레이션의 비행 조건은 [표 1]과 같고 비행 경로는 [그림 1]과 같다.

[표 1] 시뮬레이션 환경

비행 조건		
초기 위치	위도 36.5°, 경도 128.4°, 고도 5000m	
비행속도	1000km/h	
비행형태	장방형 궤적으로 등속 운동	
비행시간	545초	
지형 DB 해상도	약 90m	
지형 DB 정밀도	수평	20m
	수직	16m

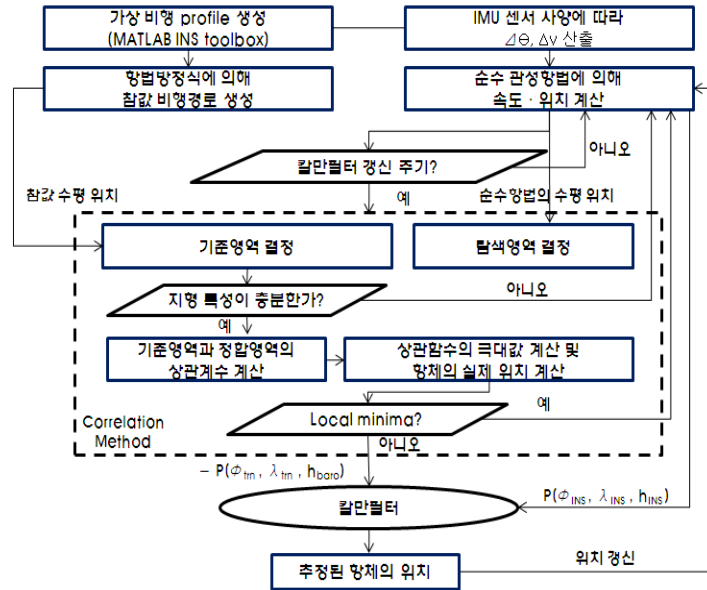


[그림 1] 비행지역의 등고선도와 비행경로

3. 알고리즘

본 논문에서는 TERCOM을 기반으로 하는 상호상관정합기법을 적용한 지형 참조 항법 알고리즘을 구성하였고 이는 [그림 2]와 같다.

측정되는 지형 고도값은 기압 고도계와 배열 형태로 탑재된 레이더 고도계를 이용하여 격자 형태로 취득할 수 있다고 가정하였다. 실제 기압 고도계의 오차의 분산이 약 1m(Tang,2005)이며 배열 형태로 측정되는 비행환경을 감안했을 때 레이더 고도계와 기압 고도계로부터 측정되는 지형 고도값의 정밀도는 5m라 결정하였다. 이 때 고도 측정 데이터는 참값으로 가정한 SRTM에 5m 우연오차를 첨가한 데이터를 이용하였다. 고도계를 이용한 지형 참조 항법의 경우 고도 측정값으로 관성항법의 오차를 보상하는 것으로 알려져 있으므로 지형을 참조하여 산출한 위치해의 수직방향 값은 기압 고도계 측정값을 이용하였으며 이때 이 값은 비행고도에 2m의 우연오차를 첨가한 값을 적용하였다.



[그림 2] 상호상관정합 기반 지형참조항법 알고리즘

비행 중 측정된 격자형태의 고도값을 기준영역이라 하고, 항체에 탑재되어 있는 지형 데이터베이스로부터 추출한 고도값을 탐색영역이라 하여 상호상관정합을 수행하였다. 측정되는 고도값은 90m의 해상도로 측정된다고 가정하였으며, 이와 비행속도 및 알고리즘의 계산속도를 감안했을 때 2초마다 5×5 개의 고도측정값을 이용하여 지형 정합을 수행한다고 가정하였다. 또한 탐색영역의 크기는 기준영역 크기의 약 2배 정도로 결정한다고 알려져 있으므로(유복모, 2003) 탐색영역은 9×9 개의 값을 이용하였다. 기준영역과 정합영역 간의 계산된 상호상관계수를 3차 다항식으로 곡면근사한 후 극대값의 위치를 산출하여 항법에 적용하였다.

지형 참조 항법의 경우 지형의 특성에 따라 항법 정확도가 달라지므로 지형의 고저 편차가 일정 기준 이상인 경우에만 지형 정합을 수행하였다. 또한 구릉지역 같이 비슷한 패턴의 지형이 반복되는 경우에는 상관계수들이 유사한 값을 갖기 때문에 정확한 정합 결과를 얻을 수 없다. 따라서 이러한 경우에는 정합 결과가 산출되어도 항법에 적용하지 않았다.

지형 참조 항법의 결과를 비교하기 위해서 동일한 시뮬레이션 환경에서 순수 관성항법을 별도로 수행하였으며 또한 MATLAB INS toolbox를 이용해서 비행경로를 생성하고 이를 참값 비행경로라 가정하였다.

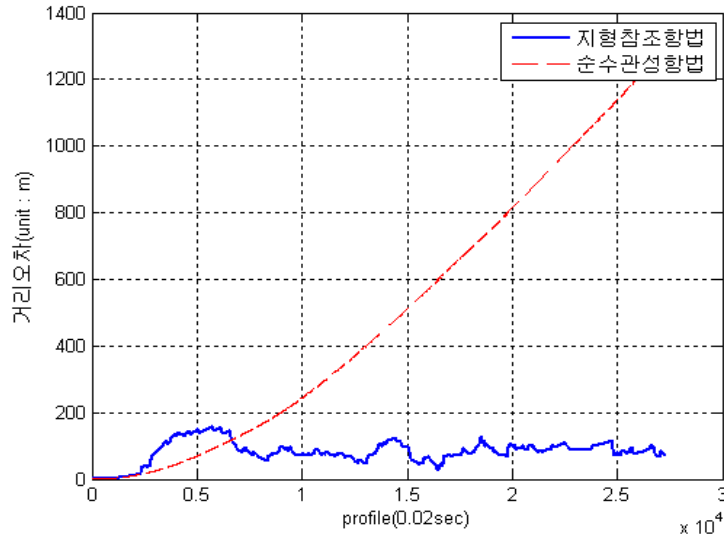
4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과는 순수 관성항법 및 지형 참조 항법을 수행한 결과와 참값 비행경로의 위도 오차(ΔLat), 경도 오차(ΔLon)를 계산하고 거리 오차 $\Delta D(\Delta D = \sqrt{\Delta Lat^2 + \Delta Lon^2})$ 를 산출하여 비교하였다.

순수 관성항법을 수행한 결과 거리오차의 표준편차는 400.9m, 기준영역의 표준편차가 15m 이상인 경우에만 지형 정합을 실시한 결과 거리오차의 표준편차는 34.3m로 [표 2]와 같다. 두 결과를 함께 그래프로 나타내면 [그림 3]과 같다. [표 2]와 [그림 3]에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 구성한 상호상관정합 기반 알고리즘이 안정적인 항법 정확도를 갖는 것을 알 수 있다.

[표 2] 참값 비행경로와의 차이(단위 : m)

구분		위도	경도	고도	거리
순수관성항법	평균	-486.1	-69.8	240.1	500.6
	표준편차	409.5	49.8	206.2	400.9
지형참조항법	평균	-5.5	-77.6	-11.7	81.9
	표준편차	26.9	33.2	19.4	34.3



[그림 3] 순수 관성항법과 상호상관정합 기반 알고리즘 수행 결과 비교

5. 분석 및 결론

시뮬레이션 결과 [그림 3]과 같이 지형 참조 항법 수행 결과가 비행시간 동안 전체적으로 안정적인 항법 정확도를 갖는 것을 알 수 있는데, 이는 특징적인 지형을 갖는 지역에서만 지형 정합을 수행했기 때문으로 판단된다. 그러나 시뮬레이션에 적용되었던 지형 고저편차의 기준값인 15m는 비행 지역에 따라 달리 적용되어야 하는 값으로 예상 항로의 지형에 따른 값이 적용되어야 할 것으로 판단된다. 또한 지형의 특성을 단순히 표준편차로 판단할 것이 아니라 다양한 지형 분석 방법에 따라 구분하여 항법에 적용하는 연구도 추진되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 방위사업청/국방과학연구소 09'착수 기초연구사업-지능형 데이터베이스 기반 항법 기술 사업 과제의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 유복모, 토니헝크 (2003), 현대 디지털 사진 측량학, 피어슨 에듀케이션 코리아, pp. 113-119.
 Tang, Wang (2005), Barometric altimeter short-term accuracy analysis, Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE, Vol. 20, No. 12, pp. 24-26.